

DEM을 이용한 고해상 위성영상의 정사보정 소프트웨어 개발

허 재위¹ · 류 영수 · 최 준수 · 한 광수

국민대학교 컴퓨터공학부

(우)136-702 서울 성북구 정릉동 861-1

전화¹ : 02-910-5106, 전우¹ : jwheo@kookmin.ac.kr

Software Development for Orthorectification of High Resolution Satellite Imagery using DEM

Jaewe Heo¹ · Youngsoo Ryu · Joonsoo Choi · Kwang-Soo Hahn

Dept. of Computer Science, Kookmin University

Seoul 136-702, Republic of Korea

Tel.¹ : +82-2-910-5106, Email¹ : jwheo@kookmin.ac.kr

요약

본 논문은 KOMPSAT-2, KOMPSAT-3 등과 같은 고해상도 위성영상의 정사보정 방법과 그에 따른 시험용 소프트웨어 개발을 목표로 한다. 정사보정은 위성 카메라의 자세나 지표의 피복변위에 의하여 발생하는 변위를 제거하여 정사투영 된 특성을 갖는 영상을 구하는 과정을 말한다. 정사보정을 위해서는 위성 카메라의 기하학적인 특성과 지표면의 관계식을 나타내는 공선조건식으로부터 지상기준점 및 수치표고모델을 통하여 구해진다. 본 논문에서는 고해상도 위성영상의 정사보정 방법을 구현하고, 실제 위성영상 데이터에 적용하여 구현된 소프트웨어의 성능을 평가한다.

1. 서론

KOMPSAT-2, KOMPSAT-3 등과 같은 고해상도 위성의 영상은 사진측량, 지리정보시스템 등과 같은 매우 다양한 종류의 응용분야에 사용된다. 위성에서 촬영한 지상영상은 일반적으로 위성의 표정, 위성 센서의 기울기 등과 같은 위성 및 센서의 자세뿐만 아니라 지표면의 고도 차이에 의하여 왜곡되어 있기 때문에 응용분야에 직접 사용되기 이전에 정사보정 되어야 한다(P. Wolf and B. Dewitt, 2000). 정사보정은 유리 다향식 계수(RPC), 지상기

준점(GCP) 등과 같은 데이터를 사용하여 위성영상을 Resampling 작업을 통하여 이루어진다. 또한 지형의 고도 차이에 의한 왜곡을 보정하기 위해서는 반드시 지형의 고도 데이터가 필요하며 이를 위해서는 일반적으로 수치표고모델(DEM)이 사용된다.

위성이나 항공기에서 촬영한 스테레오 영상에 대하여 정사보정을 하는 경우에는 먼저 스테레오 영상으로부터 정밀한 DEM 데이터를 추출하고 이 DEM을 이용하여 스테레오 영상 중의 한 영상에 대하여 정

사보정을 한다. 그러나 일반적으로 하나의 영상만이 주어지는 위성영상에 대한 정사보정을 하기 위해서는 외부에서 만들어진 DEM을 사용하여 정사보정을 한다.

본 논문에서는 하나의 KOMPSAT-2 혹은 KOMPSAT-3 위성영상이 주어졌을 때, DEM을 이용하여 위성영상을 정사보정하는 방법과 그에 따른 시험용 프로그램 개발에 관하여 기술한다.

2. 고해상도 위성 영상의 정사보정

정사보정은 위성에서 촬영한 영상의 좌표계로부터 지상좌표계로 좌표계의 기하학적인 변환에 의하여 위성에서 촬영한 투시 영상을 정사 영상으로 변환하는 작업이다. 이 과정에서는 위성영상에 나타나는 기복변위 등과 같은 영상 왜곡이 제거되게 된다. 기복변위는 모든 위성영상 좌표점에서 위성카메라의 초점거리와 위성의 고도와의 비율이 다르기 때문에 나타나는 현상으로서 이를 제거하기 위해서는 위성영상 좌표점에 대한 정확한 고도 데이터가 필요하다.

이와 같이 정사영상을 만드는 과정에서 필요로 하는 자료로는 위성영상, 위성의 위치 및 자세 데이터, 위성 카메라의 촬영 각도 및 경사각, 지상기준점, 수치표고모델이며, 이러한 자료를 이용하여 정사영상이 만들어 지게 된다. 영상 촬영 당시의 위성의 위치 및 자세 데이터, 카메라의 촬영 각도 등은 위성과 카메라의 내적인 기하학적인 특성을 나타내는 내부 표정(Interior Orientation)이라 불리며, 내부 표정은 영상의 픽셀 좌표계를 공간상의 좌표계로 변환하는데 사용된다.

이와 같은 영상촬영 당시의 내부 표정은 지상기준점을 이용하여 영상과 카메라 및 지표면의 관계식을 나타내는 공선조건식

으로 부터 구해진다.

한 영상을 촬영하는 동안에 위성의 이동 속도와 비행자세는 변하지 않는다고 가정하는 경우에 있어, 라인 스캔 카메라로 촬영한 위성영상에 대한 공선조건식은 다음과 같다(T. Ono, 1999; M. Morgan, 2004).

$$x = A_1X + A_2Y + A_3Z + A_4 \\ y = A_5X + A_6Y + A_7Z + A_8$$

위 방정식은 영상의 좌표 (x, y) 와 지상 좌표 (X, Y, Z) 사이의 공선 조건 관계를 설명한다. 여기서 $A_i (i = 1, \dots, 8)$ 는 독립적인 계수이다. 이 계수들은 지상기준점을 이용한 선형최소자승법(Leaner Least Square Method)을 사용하여 가장 최적의 값으로 계산된다. 지상좌표 (X, Y) 에 대한 고도 Z 는 DEM에서 이중선형보간법 등과 같은 Resampling을 통하여 구한다.

이와 같이, 위성영상의 정사보정은 크게 두 단계로 나누어진다. 첫 단계에서는 GCP를 사용하여 최소자승법에 의하여 공선조건식의 계수를 계산하고, 두 번째 단계에서는 계산된 공선조건식에 따라 위성 영상을 Resampling 하여 정사영상을 만든다. 정사영상을 만드는 알고리즘은 개략적으로 다음과 같다.

```
for i := 1 to ySize:
    get yPosition of i-th row from original image
    for j := 1 to xSize:
        get xPosition of j-th column from image
        get zPosition of from DEM
        compute new xPosition and yPosition
            by Collinearity Equation
        C := resampled pixel value at new
            xPosition and yPosition
        rectified_image(i,j) := C
    end inner for loop
end outer for loop
```

3. 연구지역 및 사용자료

개발된 정사보정 시험용 프로그램을 적용하기 위한 영상은 긴 간선도로를 포함하고 있으며 도심지역과 농업지역 그리고 산지지역이 적절하게 분포된 광릉지역의 KOMPSAT-2 영상으로서, 본 영상의 개략적인 특성은 다음과 같다.

표 1. 광릉지역 KOMSAT-2 영상의 특성

영상 속성	데이터
파일 포맷	Geotiff
촬영일자	2007년 11월 22일
해상도 (Resolution)	1m
길이 (Width × Height)	3.8Km × 4.8Km
픽셀 수 (X × Y)	3797 × 4783
위성의 고도	696.232 Km
Band	3
Bits per Pixel	16

정사보정에 사용될 GCP는 영상좌표계와 공간좌표계의 관계식을 나타내는 공선조건식의 계수를 계산하기 위해서 사용된다. 이론적으로 GCP는 영상에서 sub-meter의 정확도로 구해야 하며, 영상에 고루 분포되도록 선택하여야 한다. 또한 영상의 각 픽셀에 해당하는 각 지표의 고도가 지형의 고도 범위 내에서 고루 분포되도록 선택하여야 한다. 그러나 실질적으로 산지지형에서는 영상에서 뚜렷하게 선택할 수 있는 인공지형물이 없기 때문에 영상에 고루 분포된 GCP를 선택하기는 매우 어렵다. 본 실험에서 사용된 GCP는 총 13개이며, 건물의 코너에 해당하는 꼭지점이나 도로의 교차점 등과 같이 영상에서 뚜렷하게 구분되는 픽셀로 선택하였다.

DEM 데이터를 구하는 방법에는 여러 가

지가 있으나, 본 연구에는 국토지리원에서 제공되는 1:5,000 수치지도(Digital Map)에 저장된 등고선 데이터로부터 추출하였다. 이 수치지도에 수록된 등고선의 간격은 5m이며, DEM 데이터에서 각 격자점 간격을 5m로 하여 추출하였다. 수치지도로부터 DEM데이터를 추출하기 위해서는 상용 소프트웨어인 ERDAS IMAGINE를 사용하였다.

4. 결과 및 고찰

실험의 정확도를 측정하는 방법에는 GCP와 독립적인 검사점(Check Point)의 잔차(Residual)를 RMSE로 표현하는 방법이 있으며, 또한 수치지도와 중첩하여 육안으로 검사하는 방법이 있다. 검사점의 잔차는 검사점이 정사보정 된 이후의 위치와 실제 위치 사이의 거리로 정의된다. 따라서 검사점은 GCP와는 다른 독립적인 점이어야 하며, GCP를 선택하는 경우와 같이 영상에 고루 분포되도록 선택하여야 한다.

본 연구에서는 수치지도와 중첩하여 비교하는 방법으로 수행하였다. 다음 그림 1은 정사보정하기 이전의 영상과 1 : 5,000 수치지도를 중첩한 경우를 나타내며, 이 그림에서는 수치지도에서 나타나는 능선이나 도로, 건물과 같은 지형물과 영상의 지형물이 일치하지 않음을 쉽게 알 수 있다. 그림 2는 정사보정 후의 위성영상과 수치지도를 중첩시킨 모습이다. 이 그림에서는 정사보정을 한 후에는 능선과 도로 등이 일치함을 확인 할 수 있다.



그림 1. 보정 전 위성영상과 수치지도의
중첩



그림 2. 보정 후 위성영상과 수치지도의
중첩

5. 결론

본 논문에서는 KOMPSAT-2, KOMPDAT-3 등과 같은 고해상도 위성영상의 정사보정 방법과 그에 따른 시험용 소프트웨어 개발에 관하여 기술하였다. 앞으로 보다 정확한 보정방법에 대한 이론 정립과 실험이 필요하며, 소프트웨어의 정확성을 검증할 독립적인 검사점을 이용한 정량적인 검증에 관한 연구가 필요하다. 또한 DEM의 정확도가 정사보정에 미치는 영향에 관한 연구도 필요하다.

사사

본 연구는 한국항공우주연구원의 다목적 실용위성 3호 시스템종합개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- M. Morgan, 2004, *Epipolar Resampling of Linear Array Scanner Scenes*, PhD Dissertation, University of Calgary, 2004.
T. Ono, 1999, Epipolar Resampling of High Resolution Satellite Imagery, Proc. ISPRS Workshop on Sensors and Mapping from Space, 1999.
P. Wolf and B. Dewitt, 2000, *Elements of Photogrammetry: with Applications in GIS*, 3rd Ed., McGraw-Hill.